



## Analiza rozkładu temperatury w ośmiokątnej nakrętce wykonanej w programie ANSYS

M. Murawski<sup>a</sup>, M. Zemlik<sup>a</sup>, A. Śliwa<sup>b</sup>, M. Sroka<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Studenci Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny  
email: mwmurawski@gmail.com, marcin.zemlik@o2.pl

<sup>b</sup> Politechnika Śląska Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych  
email: agata.sliwa@polsl.pl, marek.sroka@polsl.pl

**Streszczenie:** Celem niniejszej pracy była analiza termiczna nakrętki narażonej na pracę w wysokich temperaturach. Analiza rozkładu temperatury została wykonana w module służącym do przeprowadzania symulacji AnsysMechanical, wykorzystującym metodę elementów skończonych.

**Abstract:** Main goal of work was thermal analysis of a nut exposed to work at high temperatures. Distribution analysis was made in module which makes simulations – AnsysMechanical and it uses finite element method.

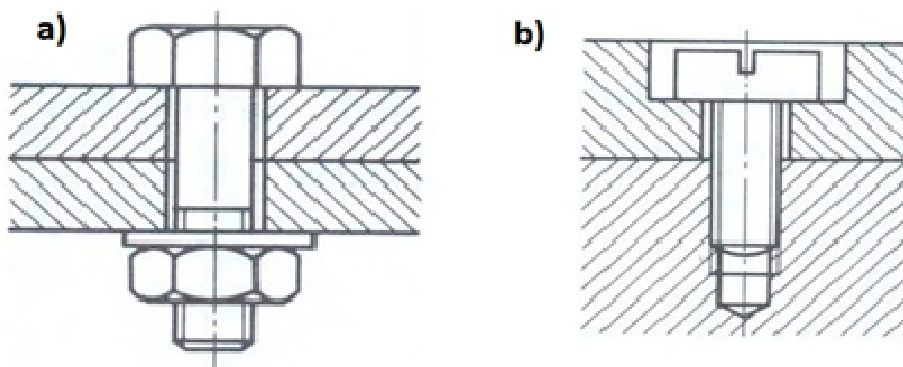
**Słowa kluczowe:** nakrętka, rozkład temperatury, metoda elementów skończonych

### 1. WPROWADZENIE

We większości połączeń śrubowych jako łącznik stosuje się nakrętki. Są to połączenia pośrednie (rys. 1), nakrętka wraz z łbem śruby ściskają elementy łączące, zapewniając sztywne połączenie. Aby zabezpieczyć połączenie przed odkręceniem można stosować różnego rodzaju podkładki bądź zawleczki.

Wymiana ciepła zajmuje się zagadnieniami rozchodzenia się ciepła w przyrodzie. Rozchodzenie się ciepła jest zjawiskiem nieodwracalnym, przy którym zachodzi samorzutne wyrównywanie się różnic temperatury. Podstawowymi rodzajami wymiany ciepła są:

- przewodzenie – polega na przenoszeniu ciepła wewnątrz ośrodka lub między ośrodkami przez te same cząstki nie zmieniające położenia,
- konwekcja (unoszenie) – polega na przenoszeniu ciepła przez cząstki zmieniające swoje położenie (mieszanie) promieniowania, które polega na przenoszeniu energii przez kwanty promieniowania elektromagnetycznego o pewnym zakresie długości fal,
- promieniowanie to energia wyemitowana przez materię w formie fal elektromagnetycznych lub fotonów jako efekt zmian w konfiguracji elektronowej atomów lub cząsteczek. Zupełnie inaczej niż przy przewodzeniu czy konwekcji radiacyjna wymiana ciepła nie potrzebuje żadnego medium, ośrodka aby zaistniała [1÷3].



Rysunek 1. a) połączenie pośrednie, b) połączenie bezpośrednie

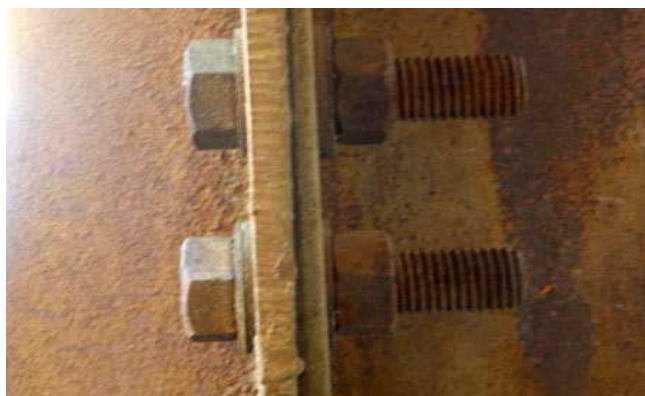
*Figure 1. a) indirect screw connection, b) direct screw connection*

W przypadku nakrętek które są przedmiotem badań, najczęściej stosowana jest wymiana ciepła poprzez przewodzenie. Badana nakrętka (rys. 2) została wykonana ze stopu żelaza z węglem oraz dodatkiem innych pierwiastków w celu osiągnięcia efektu nierdzewności. Stal jest obrabiana cieplnie i plastycznie. Nakrętka posiada od wewnątrz gwint umożliwiający połączenie jej ze śrubą co przedstawiono na rysunku 3.



Rysunek 2. Nakrętka ośmiokątna

*Figure 2. Octagonal nut*

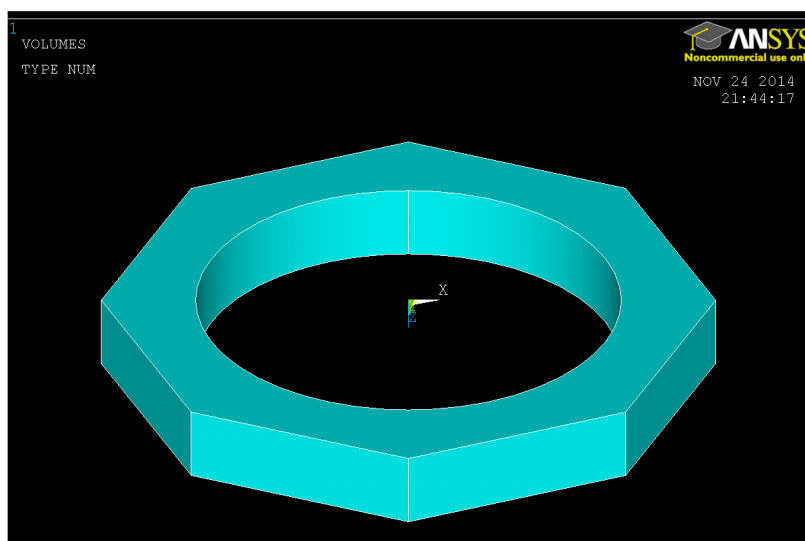


Rysunek 3. Przykład połączenia śrubowego

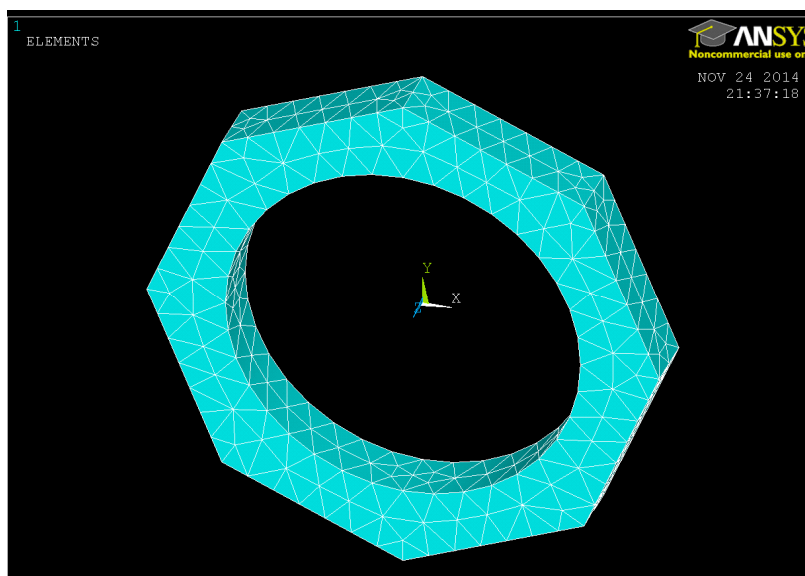
*Figure 3. Example of screw connection*

## 2. SYMULACJA KOMPUTEROWA W PROGRAMIE ANSYS

Nakrętka wykonana jest ze stali nierdzewnej 15-5PH, H935. Element geometryczny nakrętki zamodelowano w formie bryły ośmiościanu z wyciętym środkiem na śrubę (rys. 4). Średnica nakrętki wynosi 80 mm, średnica otworu na śrubę wynosi 60 mm, a wysokość nakrętki wynosi 10 mm. Nakrętka została zdefiniowana w programie ANSYS jako element typu „*thermal conductivity isotropic*”. Dla wspomnianego modelu geometrycznego wygenerowano siatkę elementów skończonych co przedstawiono na rysunku 5, do tego celu wykorzystano elementy trójwymiarowe [5].

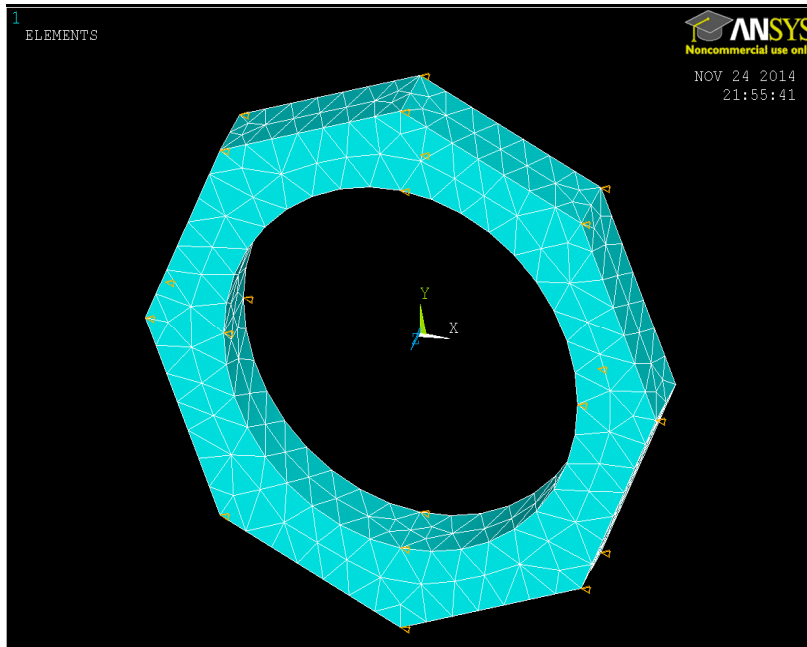


Rysunek 4. Model rzeczywisty nakrętki, wykonany w programie ANSYS  
*Figure 4. Actual model of a nut, made in ANSYS software*

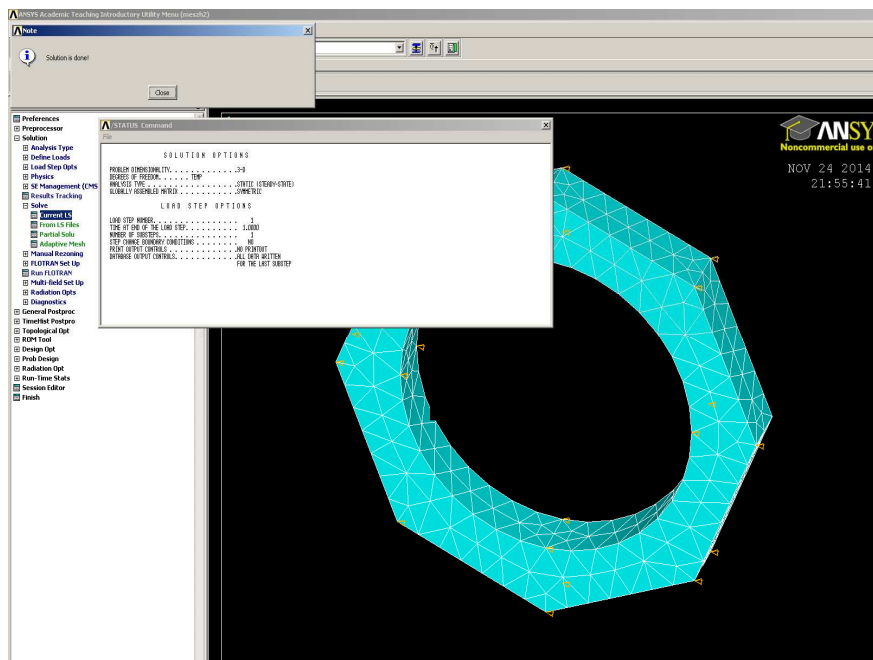


Rysunek 5. Model nakrętki z nałożoną siatką elementów skończonych  
*Figure 5. Model of a nut with a finite element method mesh*

Na nakrętkę zostały nałożone warunki brzegowe w postaci temperatury z zakresu od 500°C do 600°C co prezentuje rysunek 6. Temperatura została przyłożona do dwóch ścian nakrętki sąsiadujących ze sobą, celem sprawdzenia jak temperatura rozłoży się na całej powierzchni nakrętki.

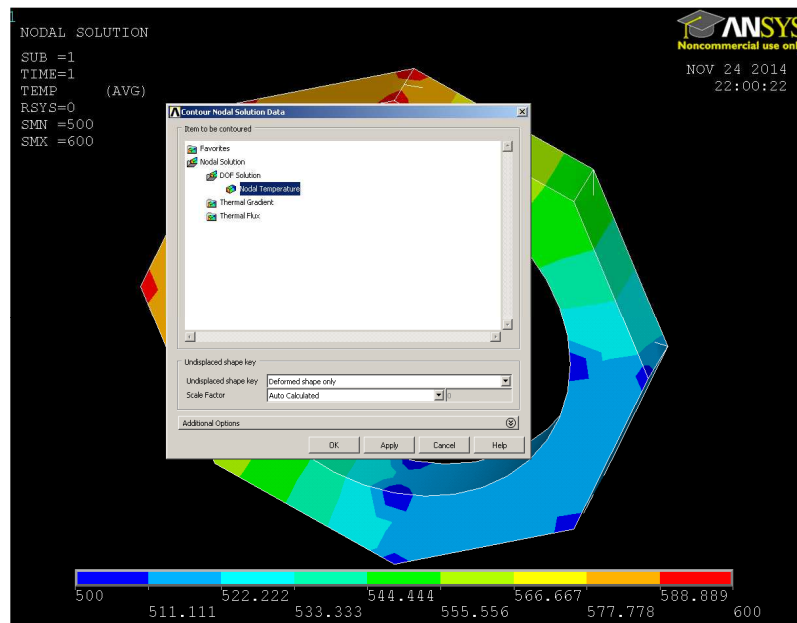


Rysunek 6. Model z nałożonymi warunkami brzegowymi  
 Figure 6. Model with placed boundary values

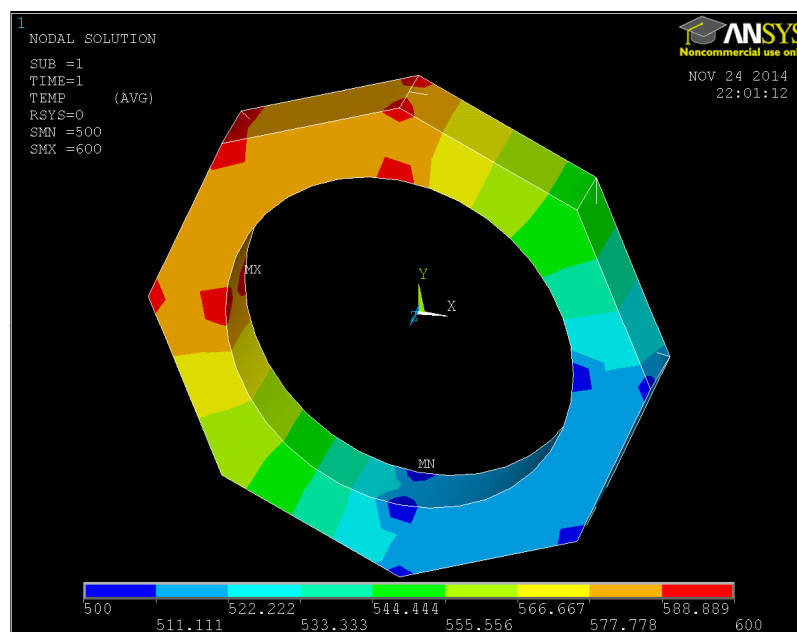


Rysunek 7. Analiza dla wybranych warunków brzegowych  
 Figure 7. Solution for chosen boundary conditions

Po nadaniu nałożonych warunków brzegowych w oprogramowaniu ANSYS dokonano analizy rozkładu temperatur przedstawionych na rysunku 7. Na rysunku 8 przedstawiono rodzaje dostępnych wizualizacji, z których wybrano „Nodal Temperature”. W końcowym etapie wykonano wizualizację rozkładu temperatur w nakrętce dla założonych warunków brzegowych co przedstawiono na rysunku 9. Temperatura rozchodzi się równomiernie do ścian które nie są przystawione do źródła ciepła. Własności cieplne stali nierdzewnej oraz jej skład chemiczny przedstawiono w tablicach 1 i 2.



Rysunek 8. Rodzaje dostępnych wizualizacji  
 Figure 8. Types of available visualization



Rysunek 9. Rozkład temperatury w analizowanym modelu  
 Figure 9. Distribution of temperature in analyzed model

Tablica 1. Własności cieplne stali nierdzewnej [4]

Table 1. Thermal properties of a stainless steel

Własności	Minimum	Maksimum	Jednostka
Maksymalna temperatura pracy	282	616	°C
Punkt topnienia	1400	1440	°C
Pojemność cieplna	440	458	J/kg.K
Przewodność cieplna	18	19,5	W/m.K
Rozszerzalność cieplna	12,5	13,14	μstrain/°C

Tablica 2. Skład chemiczny stali nierdzewnej

Table 2. Composition of stainless steel

Pierwiastek	Minimum, %	Maksimum, %
C (Węgiel)	0	0,07
Cr (Chrom)	14	15,5
Cu (Miedź)	2,5	4,5
Fe (Żelazo)	71,98	79,85
Mn (Mangan)	0	1
Nb (Niob)	0,15	0,45
Ni (Nikiel)	3,5	5,5
Si (Krzem)	0	1
Ta (Tantal)	0	0,5

### 3. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono analizę metodą elementów skończonych stopnia rozchodzenia się temperatury w nakrętce ośmiokątnej, nagrzanej do temperatury 600°C. Otrzymane wyniki rozszerzalności cieplnej wraz z pojemnością cieplną znajdują się w normach dla stali nierdzewnej 15-5PH, H935. Wyniki potwierdzają fakt, iż temperatura 600°C nie przekracza maksymalnej temperatury pracy. Ciepło rozchodzi się równomiernie, niemalże punktowo w warunkach granicznych. Powodem tego zjawiska może być niska przewodność cieplna stali nierdzewnej. Przeprowadzone badania potwierdzają, że stal z dodatkiem chromu posiada bardzo dobre własności izolujące ciepło, dzięki czemu może być stosowana jako materiał żaroodporny. W przyszłości należałoby przeprowadzić dodatkowe badania tego zagadnienia uwzględniając inne połączenia śrubowe. Wykorzystywanie metody elementów skończonych jako narzędzia do projektowania i wykonywania analiz modeli pozwala na skrócenie czasu produkcji nowych elementów oraz obniżenia kosztów wytworzenia materiałów dzięki wiarygodności i szybkości działania oprogramowania w środowisku wirtualnym.

### LITERATURA

1. A. Dominiak, Metody i Technologie Jądrowe, WNT, Warszawa, 1986.
2. M. Blicharski, Wstęp do inżynierii materiałowej, WNT, Warszawa, 1993.
3. M. Blicharski, Inżynieria materiałowa. Stal, WNT, Warszawa, 1977.
4. L.A. Dobrzański, Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego, WNT, Warszawa, 2002.
5. A. Budzyński, Krótki wstęp do zastosowania Metody Elementów Skończonych do numerycznych obliczeń inżynierskich, <http://www.knse.pl/publikacje/65.pdf>, dostęp: 17/01/2014.